

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

YOUNGSEOK LEE, ET AL.

For: **CONSTRAINED MULTIPATH ROUTING  
METHOD**



Honorable Commissioner of  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

**Request for Priority**

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely  
Korean application number 2001-74723 filed November 28, 2001.

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

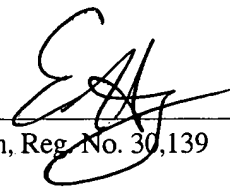
Respectfully submitted,

BLAKELY, SOKOLOFF, TAYLOR & ZAFMAN

Dated: \_\_\_\_\_

3/6/02

Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'E. Hyman', written over a horizontal line.

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor  
Los Angeles, California 90025  
Telephone: (310) 207-3800

U.S. PTO  
10/092103



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2001년 제 74723 호  
Application Number PATENT-2001-0074723

출원년월일 : 2001년 11월 28일  
Date of Application NOV 28, 2001

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

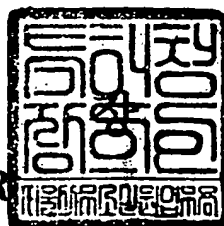
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) KOREA ELECTRONICS & TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INC



2002 년 01 월 02 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0006
【제출일자】	2001. 11. 28
【국제특허분류】	H04L 12/44
【발명의 명칭】	제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법
【발명의 영문명칭】	A CONSTRAINED MULTIPATH ROUTING METHOD
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	손원
【대리인코드】	9-1998-000281-5
【포괄위임등록번호】	2001-038295-9
【대리인】	
【성명】	함상준
【대리인코드】	9-1998-000619-8
【포괄위임등록번호】	2001-038297-3
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김창훈
【성명의 영문표기】	KIM, Chang Hoon
【주민등록번호】	750327-1822318
【우편번호】	305-804
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 150-1 301호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이영석
【성명의 영문표기】	LEE, Young Seok
【주민등록번호】	711225-1691639

【우편번호】	151-863
【주소】	서울특별시 관악구 신림동 316-49
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	석영호
【성명의 영문표기】	SEOK, Yong Ho
【주민등록번호】	771115-1548610
【우편번호】	131-846
【주소】	서울특별시 중랑구 묵동20 신내두산아파트 521동 205호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최양희
【성명의 영문표기】	CHOI, Yang Hee
【주민등록번호】	550727-1038011
【우편번호】	137-767
【주소】	서울특별시 서초구 반포2동 신반포아파트 26-703
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정태수
【성명의 영문표기】	JEONG, Tae Soo
【주민등록번호】	570923-1691716
【우편번호】	305-806
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 99 한빛아파트 132-402
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 손원 (인) 대리인 함상준 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	7 면 7,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원

【심사청구료】	11	항	461,000	원
【합계】	497,000		원	
【감면사유】	정부출연연구기관			
【감면후 수수료】	248,500		원	
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 정부출연연구기관등 의서립운영및육성에관한법률 제2조에의한 정부 출연 연구기관에 해당함을 증명하는 서류_1통			

**【요약서】****【요약】**

본 발명의 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법은, MPLS 망에서 제한조건을 만족시킬 수 있도록 다중 경로의 최적 트래픽을 분할함으로써 인터넷 기간망의 성능을 최적화시킬 수 있는 다중 경로 배정방법 및 이를 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것이다.

이를 위하여 본 발명은, 엠펙엘에스(MPLS; Multi-Protocol Label Switching) 망에서의 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법에 있어서, MPLS 망 조건과 각 링크에 할당되는 트래픽 요구의 조건을 설정하는 제1 단계와, 각 링크에 할당된 트래픽 요구의 할당량 및 각 링크의 최대 사용율의 최소값을 계산하는 제2 단계와, 상기 계산된 트래픽 요구의 할당량을 이용하여 상기 최소화된 최대 링크 사용율에서 자원 사용율이 최소가 되는 상기 각 링크에 할당되는 트래픽 비율을 계산하는 제3 단계와, 그리고 상기 계산된 트래픽 비율을 이용하여 각 트래픽 요구에 대한 다중 경로 및 상기 다중 경로의 트래픽 분할비율을 계산하는 제4 단계를 포함한다.

**【대표도】**

도 2

**【색인어】**

다중 경로 배정, 라우팅, 트래픽, MPLS, 최대 링크 사용율, 자원 사용율, 트래픽 분할비율, 인터넷 기간망

**【명세서】****【발명의 명칭】**

제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법{A CONSTRAINED MULTIPATH ROUTING METHOD}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 MPLS 망에서의 트래픽 엔지니어링 서버와 데이터베이스의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중 경로 설정의 처리과정을 보이는 흐름도이다.

도 3은 본 발명에 따른 해성함수를 이용한 다중 경로로의 트래픽 분할 방법이 적용되는 장치의 구성도이다.

\* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 \*

10 : 네트워크

11 : 입력(Ingress) 라우터

12,13 : 출력(Egress) 라우터

14 : 중간 라우터

15 : 트래픽 엔지니어링 데이터베이스

16 : 트래픽 엔지니어링 서버

17 : 레이블경로(LSP;Label Switched Path)

18 : IP패킷

19 : 레이블

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<10> 본 발명은 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법에 관한 것으로서 보다 상세하게는, MPLS 망에서의 경로 배정시에 수반되는 라우터 간의 트래픽 요구량과 설정된 최대 홉 수와 특정 노드/링크 포함/배제 등과 같은 정책적인 제한조건을 만족시키는 다중 경로와 각 경로의 최적 트래픽 분할량을 찾는 다중 경로 배정방법 및 이를 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것이다.

<11> 최근들어, 인터넷 사용자의 증가와 멀티미디어 서비스등의 수요로 인하여 보다 많은 인터넷 트래픽을 전송할 수 있는 대용량 통신 서비스에 대한 요구가 점점 증가되고 있다. 더구나, 인터넷을 이용한 전자우편, 전자상거래, 인터넷 방송등의 동영상 서비스, 원격 화상회의, 홈 쇼핑, 온 라인 실시간 게임, 홈 네트워크 등의 다양한 서비스 요구를 수용하기 위하여 광대역 종합정보통신망(B-IDSN)도 급속하게 발전하고 있는 추세이다.

<12> 종래의 대규모 인터넷 기간망(backbone network)에서의 트래픽 엔지니어링 방법은 단일 경로를 이용하여 병목지점의 트래픽을 우회하는 것이었다. 현재 인터넷의 라우터들은 단일 최단 경로 배정 방법을 근간으로 하여 트래픽을 전송하고 있고, 부분적으로 동일 비용을 갖는 다중 최단 경로(Equal Cost Multi-Path)들을 이용하고 있다. 그러나, 최근 개발 및 실용화된 옴피엘에스



(MPLS; Multi-Protocol Label Switching) 기술을 이용하는 인터넷 망에서는 최단 경로 이외의 경로들을 이용한 다중 경로를 지원할 수 있기 때문에 종래의 트래픽 엔지니어링의 단점을 보완할 수 있다. 이러한 MPLS는 ATM이나 프레임 릴레이의 서비스품질(QoS; Quality of Service)을 제공하면서 인터넷 프로토콜의 유동성과 확장성을 제공하기 위하여 고안된 전송 메커니즘으로서, 최근 인터넷의 핫 이슈인 IP 네트워크에서 제공해 줄 수 있는 향상된 IP 서비스, 즉 가상 사설망(VNP; Virtual Private Network)이나 트래픽 엔지니어링의 메커니즘 등을 제공해 줄 수 있다.

<13>       상기와 같이 다중경로를 이용하여 트래픽 엔지니어링을 수행하게 되면 망의 성능을 최대화하고 자원의 이용을 최적화 시킬 수 있는데, 이를 위해서는 라우터 간의 트래픽 요구량과 설정된 경로의 최대 홉 수 및 특정 노드/링크 포함/배제 조건 등을 모두 함께 고려하여 각 트래픽의 경로를 계산해 내고, 계산된 경로 각각에 수용될 트래픽의 양을 산출하여야 한다.

<14>       실제로 인터넷 기간망의 관리자에게는, 라우터들 간의 트래픽 요구사항이 주어질 때, 망 내의 각 링크의 사용률의 최대값과 망 전체의 자원 사용률을 최소화할 수 있도록 경로를 설정하는 것이 매우 중요한 문제이다. 인터넷 망에서 비교적 중장기적으로 지속되는 병목 지점이 발생할 경우 종래의 인터넷 트래픽 엔지니어링 방법은 물리/링크 계층의 해결책으로 스위치/라우터 및 링크의 용량을 확장하여 해결하였다. 다른 방법으로는 3계층에서의 해결방법으로 라우터의 인터페이스에 할당되어 있는 조정값(metric)을 변경함으로써 병목지점을 경유하지 않는 새로운 경로를 설정하여 특정 병목지점의 혼잡현상을 해결하도록 하였다.

<15> 그러나, 이와 같은 종래의 기술들은 해결책이 도출되어 망에 적용되는데 걸리는 시간이 매우 길고 그 비용이 클 뿐만 아니라, 망의 병목이 근본적으로 해결되는 것이 아니라 다른 지점으로 이동되는 결과를 낳게 되는 문제가 있었다.

<16> 종래에는 논문1(Explicit Routing Algorithms for Internet Traffic Engineering, 1999)에 다중 경로와 각 경로의 트래픽 분할 비율을 최대 링크 사용률을 최소화할 수 있게 계산할 수 있는 트래픽 엔지니어링 문제를 선형계획법으로 해결하기 위한 인터넷 트래픽 엔지니어링을 위한 명시적 경로배정 알고리즘이 개시되어 있다. 상기 논문1에는 MPLS 망에서 최대 링크 사용률 값을 최소화하기 위한 경로 배정 알고리즘을 고안하는 것으로서 다중 경로 배정 알고리즘은 선형계획법으로 모델링하여 최대 링크 사용률 값을 최소화한 후, 각 트래픽 요구에 대한 다중 경로와 각 경로의 연속적인 트래픽 분할비를 구하는 것이다. 그러나, 상기 방법은 최적화 기준으로 최대 링크 사용률 값만을 고려하고 자원의 사용률을 최소화하는 최적화 기준을 배제함으로써 경로 배정시 홉 수의 증가하여 최적의 성능 발휘에는 한계가 있었다.

<17> 또 다른 논문2(Analytical framework for Dynamic Traffic Partitioning in MPLS Networks, 2000)에는 서비스품질(QoS;Quality of Services)이 가능한 MPLS 네트워크에서 지연시간 또는 패킷 손실율을 최소화할 수 있는 다중 경로상에서의 트래픽 분할비를 계산하는 방법이 개시되어 있다. 상기 방법은 라우팅 프로토콜에 의해서 이미 설정된 다중 경로에서 최소지연시간 또는 패킷 손실율을 고려하여 최적의 트래픽 분할비를 계산하여 다중 경로상의 트래픽을 분할하는 것이다. 그러나, 상기 논문2에서는 최적화 기준으로 최소지연시간 또는 패킷 손실율을 고

려한 다중 경로에서 트래픽 분할비만을 계산하기 때문에 최대 링크 사용율 및 자원의 최소 사용율을 고려하지 않아 망의 병목을 근본적으로 해결할 수 없었으며 특히, 단일 트래픽 요구에 대해서만 매번 계산해야하는 오버헤드가 있었다.

- <18> 또한, 미국특허 US5,727,051호에는 ATM 망에서 모든 물리 링크의 봉쇄확률(blocking probability)을 가능한 한 균등하게 만들기 위한 가상 경로 용량(virtual path capacity) 결정방법 및 그 시스템이 개시되어 있으나, 상기 방법 및 시스템에서는 단일 경로만을 고려하며 망에 유입되는 트래픽이 Elrang 분포만을 따르는 경우에 적용될 뿐만 아니라 가상 경로들이 가진 제한조건을 반영하여 용량을 결정하지 않아 고속 통신 서비스 요구를 만족시키지 못했다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

- <19> 상기 문제점을 해결하기 위해 안출된 본 발명은 MPLS 기술이 적용된 인터넷 기간망에서 링크 사용률의 최대값과 네트워크 자원 사용률을 최소화할 수 있으면서, 최대 홉 수 및 특정 노드/링크 포함/배제 등의 정책적 제한조건을 만족시킬 수 있고 또한, 인터넷 기간망의 성능을 최적화할 수 있는 다중 경로 배정방법 및 이를 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는데 그 목적이 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

- <20> 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 엠피엘에스(MPLS;Multi-Protocol Label Switching) 망에서의 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법에 있어서,

- <21> MPLS 망 조건과 각 링크에 할당되는 트래픽 요구의 조건을 설정하는 제1 단계;
- <22> 각 링크에 할당된 트래픽 요구의 할당량 및 각 링크의 최대 사용율의 최소 값을 계산하는 제2 단계;
- <23> 상기 계산된 트래픽 요구의 할당량을 이용하여 상기 최소화된 최대 링크 사용율에서 자원 사용율이 최소가 되는 상기 각 링크에 할당되는 트래픽 비율을 계산하는 제3 단계; 및
- <24> 상기 계산된 트래픽 비율을 이용하여 각 트래픽 요구에 대한 다중 경로 및 상기 다중 경로의 트래픽 분할비율을 계산하는 제4 단계를 포함한다.
- <25> 또한, 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 엠펜엘에스 (MPLS; Multi-Protocol Label Switching) 망에,
- <26> MPLS 망 조건과 각 링크에 할당되는 트래픽 요구의 조건을 설정하는 제1 기능;
- <27> 각 링크에 할당된 트래픽 요구의 할당량 및 각 링크의 최대 사용율의 최소 값을 계산하는 제2 기능;
- <28> 상기 계산된 트래픽 요구의 할당량을 이용하여 상기 최소화된 최대 링크 사용율에서 자원 사용율이 최소가 되는 상기 각 링크에 할당되는 트래픽 비율을 계산하는 제3 기능; 및

<29>      상기 계산된 트래픽 비율을 이용하여 각 트래픽 요구에 대한 다중 경로 및 상기 다중 경로의 트래픽 분할비율을 계산하는 제4 기능을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

<30>      이하, 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

<31>      도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 MPLS 망에서의 트래픽 엔지니어링 서버와 데이터베이스의 구성도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, MPLS 기술이 적용된 네트워크(10)에서는 입력(Ingress) 라우터(11)에 도착하는 IP 패킷(18)에 고정 크기의 레이블(19)을 부여하고, 중간 라우터(14)들은 IP 헤더를 참조하는 대신 레이블만을 참조함으로써 고속으로 스위칭할 수 있다. 출력(egress) 라우터(12,13)는 입력 라우터(11)에서 할당되었던 고정 크기의 레이블(19)을 떼어낸 후 MPLS가 적용되지 않는 기존의 인터넷 망으로 전달한다. MPLS 망에서 레이블 스위칭을 이용하여 패킷들이 전달되는 경로들은 라우팅 테이블의 교환이나 별도의 시그널링(signaling) 프로토콜에 의해서 미리 설정될 수 있으며, 관리자에 의해서 명시적으로도 설정될 수 있다. MPLS 망의 라우터들은 링크 상태(link-state) 라우팅 프로토콜을 이용하여 각 노드와 링크의 상태 정보를 알린다(S1).

<32>      한편, 트래픽 엔지니어링 서버(16)는 MPLS 망에 존재하는 다수의 노드와 링크 등의 구성요소 정보 및 상태 정보들을 수집하여(S2) 트래픽 엔지니어링 데이터베이스(15)를 구축하며, 상기 트래픽 엔지니어링 데이터베이스(15)를 이용하여 입출력 라우터들(11,12,13)간을 연결하는 경로(LSP; Label Switched Path)(17)들을 계산한 후 설정한다. 상기 트래픽 엔지니어링 서버(16)는, LSP가 설정될 때

마다 즉시 그 경로를 계산하여 설정해 주는 온라인 방식 대신 주기적으로(예를 들어, 매주 혹은 매월) 네트워크 성능을 최적화시킬 수 있는 경로들을 계산하여 설정하거나 재구성한다.

<33> 본 발명에서는 이와 같이 LSP들의 경로를 계산하고 각 경로에 할당될 트래픽의 양을 결정하는데 있어서 최적 조건을 만족시킬 수 있는 다중 경로를 계산하여 설정하는 방법을 제공한다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 입력 라우터(11)에서 출력 라우터(13)를 연결하는 LSP를 계산 및 설정할 경우, 기존의 라우팅 프로토콜(IGP: Interior Gateway routing Protocol)에 의해 설정되는 경로와는 관계없이 둘 이상의 LSP(17)를 계산 및 설정함으로써, 상기 입력 라우터(11)에서 입력되어 상기 출력 라우터(13)로 향하는 패킷 플로우들을 적절한 비율로 각 LSP에 나누어 전송하게 할 수 있고, 이와 같은 과정들이 각 입력과 출력 라우터(11, 12, 13)들 사이에서 반복이 될 경우, 망 전체의 자원 사용률을 최적화시킬 수 있다.

<34> 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중 경로 설정의 처리과정을 보이는 흐름도이다. 먼저, 본 발명에 따른 다중 경로 설정의 처리를 위하여, 주어진 네트워크 링크 연결 정보, 링크 용량 정보, 및 노드들의 정보 등과 각 입/출력 노드간의 필요한 트래픽 양을 모든 노드간에 기록한 트래픽 요구 행렬을 입력조건으로 기록해 두고(S201), 네트워크의 링크 연결 정보 등과 같은 물리적인 정보를 비롯하여 각 링크의 트래픽 양과 이에 대한 정보, 그리고 링크의 연결/차단 등과 같은 네트워크의 전반적인 상황에 대한 정보(NTI; Network Topology Information)를 설정한다(S202). 상기 트래픽 요구 행렬에는 인터넷 서비스 공급자

(ISP; Internet service provider)의 네트워크 구성시 망 노드간에 요구되는 트래픽 양의 예측치가 각 라우터 간의 메모리에 데이터베이스 형태로 저장되며, 바람직하게는 측정에 의해서 구한 값이거나 VPN(Virtual Private Network) 서비스와 같이 사용자가 명시적으로 요구한 트래픽 양이 된다. 이는 망의 전반적인 상황의 정보인 상기 NTI에서 추출된다.

<35>       상기 트래픽 요구 행렬과 상기 NPI를 이용하여 최대 링크 사용률(a)을 최소화하기 위한 트래픽 엔지니어링 문제를 정수선형계획법(MIP; Mixed Integer Programming)을 이용하여 수학적으로 모델링한다(S203).

<36>       본 발명에 따른 망의 최적성을 검증하기 위한 인자로서 망 내의 각 링크들의 사용률(Utilization)의 최대값(a)과, LSP들에 할당되어 사용되는 망 내의 자원의 총합을 이용한다. 상기 링크 사용률의 최대값(a)은 최소화가 되었을 때 가장 최적인 것으로 받아들여지며, 자원 이용량의 총합 역시 최소화되었을 때 최적인 것으로 여길 수 있다.

<37>       따라서, 본 발명에서는 이와 같은 각 링크들의 사용율의 최대값(a)과 자원 이용량의 총합의 두 가지 요소가 최적이 되도록 하되, 각 경로(LSP)당 허용되는 최대 홉수(hop limit), 특정 노드/링크의 포함/배제 조건, 다중 경로가 이용될 경우 각 경로에 대한 부하 분할 비율 등을 동시에 감안한다. 특히, 다중 경로를 이용할 때에는 입출력 노드간의 트래픽을 여러 개로 분할하여야 하는데, 이러한 분할비는 이산적(discrete)으로 계산되는 것이 실용적이기 때문에 이 제한조건을 포함시킨다.

- <38> 이를 위하여, 상기 단계(S203)에서의 용어를 설명하고 네트워크 및 입력 조건은 다음과 같이 모델링한다. 먼저, 네트워크는 출발지와 목적지의 링크가 서로 다르게 설정되는 방향 그래프,  $G=(V,E)$ 로 가정한다. 여기서, 상기  $V$ 는 네트워크 내의 각 노드들의 집합이고 상기  $E$ 는 각 링크들의 집합이다. 상기 방향 그래프는 출발지  $a$ 에서 목적지  $b$ 로 가는 링크와 출발지  $b$ 에서 목적지  $a$ 로 가는 링크가 서로 다르게 설정된다.
- <39> 상기 네트워크의 각 링크( $(i,j) \in E$ )의 용량은  $c_{ij}$ 로 주어진다. 여기서, 상기  $i$  및  $j$ 는 상기 네트워크 내의 각 노드이며  $(i,j)$ 는  $i$ 노드에서  $j$ 노드로의 하나의 링크이다. 상기  $c_{ij}$ 는  $i$ 노드에서  $j$ 노드로의 링크의 대역폭을 나타낸다.
- <40> 또한, 각 트래픽 요구( $k \in K$ )는 입력(ingress) 라우터( $s_k$ )와 출력(egress) 라우터( $t_k$ )쌍에 대해서 주어지는데, 상기  $k$ 는 소정의 트래픽 양을 수용할 수 있는 경로를 구하기 위한 트래픽 요구 행렬(21)의 한 요소이며, 상기  $K$ 는  $k$ 의 전체 집합이다.
- <41> 경로의 설정시 어떤 라우터를 지나도록 설정할 수 있는데 이때 지나가는 라우터의 수를 홑 수라고 한다. 트래픽 요구  $k$ 에 대해서 경로의 최대 허용 홑 수  $L_k$ 는  $L_k = L_{sp}(k) + H$ 로 나타난다. 여기서, 상기  $L_{sp}(k)$ 는  $k$ 에 대한 최단 홑 경로의 홑수,  $H$ 는 추가 홑수이다.
- <42>  $x_{ij}^{k,l}$ 는 링크  $(i,j)$ 에  $l$ 개의 홑수 이내로 되는 할당된 트래픽 요구  $k$ 가 얼마만큼 할당되었는지를 나타내는 변수이다. 즉,  $i$ 노드에서  $j$ 노드까지의 링크에  $l$



개의 홑수만큼이 되는 트래픽 요구  $k$ 가 할당되는 양을 나타낸다. 따라서, 송신자 ( $s_k$ ) 노드  $i$ 로부터 노드  $j$  까지는 1 홑 이내이다.

<43>  $d_k$  는 송신자  $s_k$ 로부터 출력되는 모든 트래픽의 합을 1로 만들기 위해 사용된 변수이다. 예를 들어, 송신자로부터 출력되는 모든 트래픽의 합이 10MB라면 상기 합을 1로 만들기 위해서 필요한 변수는 10MB이다. 같은 원리로 상기한 합이 50MB이면 필요한 변수는 50MB이다. 이때,  $d_k$ 는 각각 10, 50MB가 된다.

<44> 임의의 경로에 대한 트래픽을 분할하는 비율 즉, 트래픽 분할 비율  $g$  는 0 과 1사이의 이산적인 값을 가진다. 예를 들어,  $g$  값이 0.2 로 설정될 경우, 경로당 할당될 수 있는 분할 비율의 변화폭은 최하 0.2이므로 세 개의 경로 사용시 각 경로에 대한 분할비는 (0.2, 0.4, 0.4), 혹은 (0.2, 0.2, 0.6)과 같이 할당될 수 있다. 여기서, 상기 분할비의 합은 1이 된다. 이는 상기한 송신자(또는 수신자)로부터 출력(또는 입력)되는 트래픽의 합을 1로 둘 때, 상기 트래픽을 분할하는 분할비이다.

<45> 상술한 바와 같이, 각 입출력 노드 트래픽 요구  $k$ 에 대해 최대 허용 홑 수와 이산적 트래픽 분할 비율( $g$ ) 제한 조건이 주어졌을 때, 망 성능평가 기준인 링크 사용률의 최대값( $a$ )을 최소화하는 문제에 대한 상기한 정수선형계획법(MIP)의 수학적 모델은 하기 수식 1과 같다.

<46> [수식 1]

$$<47> \quad \sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^{kl} = 1 \quad , \quad k \in K, i = s_k, l = 1$$

....(1)

$$<48> \quad \sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^{kl} = 0 \quad , \quad k \in K, i \neq s_k, l = 1$$

....(2)

$$<49> \quad \sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^{kl} - \sum_{j:(j,i) \in E} X_{ji}^{km} = 0 \quad , \quad k \in K, i \neq s_k, t_k, L_k > l > 1, m = l + 1$$

....(3)

$$<50> \quad \sum_{l=1}^{L_k} \sum_{j:(j,i) \in E} X_{ji}^{kl} = 1 \quad , \quad k \in K, i = t_k$$

....(4)

$$<51> \quad \sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^{kl} = 0 \quad , \quad k \in K, i = t_k$$

....(5)

$$<52> \quad \sum_{l=1}^{L_k} \sum_{k \in K} d_k X_{ij}^{kl} \leq c_{ij} a \quad , \quad \forall (i,j) \in E$$

....(6)

&lt;53&gt;

$$X_{ij}^{kl} = M_{ij}^{kl} \cdot g$$

....(7)

&lt;54&gt;

$$0 \leq X_{ij}^{kl} \leq 1, \quad a \geq 0$$

....(8)

&lt;55&gt;

$$0 \leq M_{ij}^{kl} \leq \lfloor 1/g \rfloor, \quad M_{ij}^{kl} \in \mathbb{Z}, \quad 0 < g \leq 1$$

....(9)

&lt;56&gt;

상기 수식 1에 나타난 각 조건을 설정하여 본 발명에서는 상기 단계(S203)에서의 상기 MIP을 이용한 수학적 모델링을 실시하여 일차적으로 상기 최대 링크 사용률  $a$ 를 최소값과 이를 만족하는 해당  $X_{ij}^{kl}$ 을 구한다(S204). 여기서, 상기 수식(1)은 입력 라우터( $s_k$ )의 첫 번째 홉에 대한 플로우 조건으로서, 첫 번째 홉에서의 임의의 한 송신자( $s_k$ )로부터 출력되는 전체 트래픽 양은 1이 된다는 조건이다. 상기 수식(2)는 입력 라우터( $s_k$ )가 아닌 중간 노드의 첫 번째 홉에 대한 플로우 조건으로서, 첫 번째 홉에서의 중간 노드로부터 출력되는 전체 트래픽 양은 0이 된다는 조건이다. 이는 중간 노드에서는 추가로 출력되는 트래픽이 없다는 것이다. 상기 수식 (3)은 1 번째 홉수와 1+1 번째 홉수 사이의 플로우 유지 조건으로서, 중간 노드에서의 입력 트래픽 양과 출력 트래픽 양은 동일하다는 조건이다.

- <57>      상기 수식 (4) 및 (5)는 출력 라우터( $t_k$ )의 플로우 조건으로서, 상기 수식 (4)는 목적지 즉, 수신자( $t_k$ )로 입력되는 전체 트래픽 양은 1이 된다는 조건이다. 상기 수식 (1)과 대비해 보면 송신자( $s_k$ )로부터 출력된 전체 트래픽 양은 모두 수신자( $t_k$ )로 입력된다는 조건이다. 상기 수식 (5)는 수신자( $t_k$ )에서 출력되는 전체 트래픽 양은 0이 된다는 조건이다. 즉, 수신자( $t_k$ )에서는 전체 입력 트래픽 양은 1이나 전체 출력 트래픽 양은 0이라는 것이다.
- <58>      상기 수식 (6)은 링크에 할당된 플로우들이 그 링크의 최대 용량보다 작아야 한다는 조건이다. 즉, 링크에 할당된 트래픽 양의 전체 합은 해당 링크의 최대 용량보다 작다는 조건이다. 상기 해당 링크의 용량  $c_{ij}$ 가 10MB라 하면  $a$ 를 곱함으로써 실제로 사용중인 최대 사용 용량이 된다.
- <59>      또한, 상기 수식 (7)은 이상적 트래픽 분할비를 할당하기 위해 사용되는 조건으로서, 링크에 할당된 트래픽을 분할하는 조건이다. 여기서, 상기  $X_{ij}^{kl}$ 은 상기 트래픽 분할비  $g$  단위로 분할된 경로의 개수를 나타낸다.
- <60>      따라서, 상기한 바와 같이, 상기 수식 1의 각 조건들을 만족시키는 링크 사용율( $a$ )과 임의의 링크( $i, j$ )에 1개의 흐름 만큼되는 트래픽 요구  $k$ 가 할당된 수  $X_{ij}^{kl}$ 가 상기 MIP모델링을 통해 구해진다. 여기서, 상기 링크 사용율( $a$ )의 최대값은 하나의 상수로 구해지며 상기  $X_{ij}^{kl}$ 는 복수개가 될 수도 있다.
- <61>      계속하여, 상기 단계(S204)에서 구한 최대 링크 사용율( $a$ )의 최소값을 상수  $C$ 로 고정시킨 후, 새로운 망 최적화 기준인 네트워크에서 사용되는 모든 자원들의 합을 최소화하는 과정을 실시한다(S205). 즉, 상기 단계(S204)에서 구해진 상

기 최대 링크 사용율(a)의 최소값을 만족하면서  $X_{ij}^{kl}$ 의 합이 최소가 되는 값을 찾는다. 예를 들어, 링크가 출발지( $s_k$ )에서 목적지( $t_k$ )로의 링크에 상기 최대 링크 사용율(a)이 최소인 상태가 변함없는 상태에서 홑 수가 4개일 때도  $X_{ij}^{kl}$ 가 만족하지만 홑 수가 3개 일 때도 만족하는 경우에는 홑 수가 3개인 경우에 자원들의 사용율이 더 작아진다. 이와 같이 상기 최대 링크 사용율(a)을 만족하면서도 자원 사용율을 최소화하는  $X_{ij}^{kl}$  를 구하고자 하는 것이다. 이를 수식으로 표시하면 하기 수식 2와 같다.

<62> [수식 2]

<63> 
$$\text{Minimize } \sum_{(i,j) \in E} X_{ij}^{kl}$$

<64> 이를 위하여 상기 단계(S205)에서는 상기한 정수선형계획법(MIP)을 재차 모델링한다. 따라서, 최적화 기준으로는 상기한 수식 1을 이용한다. 이때, 상기 최대 링크 사용율 a를 상수 C로 치환한다. 여기서, 상기 최대 링크 사용율(a)을 상수로 치환하여 자원 사용율이 최소가 되는  $X_{ij}^{kl}$ 를 구하는 MIP모델링은 이미 설명하였으므로(수식 1 참조) 중복 설명은 생략한다.

<65> 이와 같이, 상기 단계(S204)에서 구한 각 링크에 할당되는 트래픽 비율  $X_{ij}^{kl}$ 을 이용하여 상기 MIP를 이용한 수학적 모델링을 실시하여(S205) 각 트래픽 요구 k에 대한 다중 경로들과 트래픽 분할비율의 값을 찾는다(S206). 이 때, 사용할 수 있는 방법은 통상적으로 사용되며 이미 공지된 방법으로서, 최대 플로우 문제(Maximum Flow Problem)의 해결 방법인 확장 최단 경로(augmented shortest

path) 알고리즘을 이용하면 쉽게 구할 수 있다. 여기서 주의할 것은, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 상기 공지된 알고리즘인 확장 최단 경로 알고리즘을 통해 상기 단계(S204)에서 상기 각 링크에 할당된 트래픽 비율  $X_{ij}^{kl}$ 을 이용하여 각 트래픽 요구  $k$ 에 대한 다중 경로들과 트래픽 분할 비율의 값을 용이하게 도출해 낼 수 있음을 밝혀둔다.

<66>       이상에서 상술한 바와 같이, 상기 과정들을 통하여 다중 경로의 설정시 링크의 최대 사용율( $a$ ) 및 자원 사용율을 최소화함과 동시에 사용되는 홉 수의 제한조건을 만족시키는 다중 경로를 설정한다(S207).

<67>       한편, 상기 확장 최단 경로를 이용하여 상기 단계(S203)나 상기 단계(S205)에서 특정 노드/링크 포함/배제 제한조건은 다음과 같은 식을 추가하여 해결할 수 있다. 먼저, 특정 노드 배제 집합( $E_k^N$ )을 이용하여 하기 수식 3과 같이 노드 배제조건을 정의할 수 있다.

<68>       [수식 3]

$$\sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^{kl} = 0, \quad \forall i \in E_N^k, \quad \forall l$$

.....(10)

$$\sum_{j:(j,i) \in E} X_{ji}^{kl} = 0, \quad \forall i \in E_N^k, \quad \forall l$$

.....(11)

<71>      상기 수식 3의 특정 노드 배제 조건에서 상기 수식 (10) 및 (11)은 임의의 라우터의 임의의 홉에 대한 플로우 조건으로서, 특정 노드에서 출력되는 전체 트래픽의 양은 0이 되고 상기 특정 노드로 입력되는 전체 트래픽의 양도 0이 되는 것을 나타낸다. 이는 상기 특정 노드를 통과하지 않는다는 것을 의미한다.

<72>      그리고, 특정 노드 포함 집합( $I_k^N$ )을 이용하여 하기 수식 4와 같이 노드 포함조건을 정의할 수 있다.

<73>      [수식 4]

<74>      
$$\sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^{kl} > 0, \quad \forall i \in E_N^k, \quad \forall l$$

.....(12)

<75>      
$$\sum_{j:(j,i) \in E} X_{ji}^{kl} > 0, \quad \forall i \in E_N^k, \quad \forall l$$

.....(13)

<76>      상기 수식 4의 특정 노드 포함 조건에서 상기 수식 (12) 및 (13)은 임의의 라우터의 임의의 홉에 대한 플로우 조건으로서, 특정 노드에서 출력되는 전체 트래픽의 양은 0보다 크고 상기 특정 노드로 입력되는 전체 트래픽의 양도 0보다 크다는 것을 나타낸다. 이는 상기 특정 노드에 0보다 큰 적어도 어떤 트래픽의 입출력이 있다는 것을 의미하는 것으로서, 상기 특정 노드를 통과한다는 것을 의미한다.

- <77>      상기 수식 3 및 4와 같은 맥락에서 링크의 포함/배제 조건도 상기 수식 3 및 4와 동일한 방식으로 정의될 수 있다.
- <78>      상술한 바와 같이, 상기 과정들을 실행한 후에는, 각 트래픽 요구에 대한 다중 경로와 각 경로의 트래픽 분할 비율을 구하게 되고, 각 입력 라우터로 하여금 그 결과를 명시적으로 시그널링(signaling)함으로써 입력 트래픽을 다중 경로로 분할하여 전달할 수 있다. 트래픽을 다중 경로들로 분할하기 위해서는 입력 패킷들의 스트림들을 플로우로 모델링 하여 각 플로우의 해싱 테이블을 이용한다.
- <79>      도 3은 본 발명에 따른 해싱함수를 이용한 다중 경로로의 트래픽 분할 방식을 보이는 모식도이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 패킷(31)이 입력되면 상기 입력된 패킷(31)에 따라 플로우 분류기(32; Flow Classifier)에서 플로우를 구분하여 분류한다. 예를 들어, 전자우편, 화상전송, 웹사이트 검색에 대한 패킷 등에 따른 플로우를 분류하는 것이다. 상기 분류된 각각의 플로우는 동일한 목적지 또는 전달 동등 클래스(FEC; Forwarding Equivalent Class: 30)의 플로우 해싱 함수(33)를 통해 플로우 인덱스값(34)이 생성되어 할당된다. 여기서, 상기 플로우 인덱스값에는 각 플로우의 식별자와 다음 홉의 인터페이스 식별자 및 패킷의 레이블을 할당된다. 상기 각 플로우에 할당된 인덱스값에 대응하는 인터페이스로 연결된다.
- <80>      즉, 입력 라우터에서 해싱 테이블을 이용하여 동일한 목적지 또는 전달 동등 클래스(30; FEC)의 트래픽 플로우들을 다중 경로로 분할한다. 상기 플로우 분



류기(32)에서 IP 패킷 스트림들을 플로우로 판별한 후, 플로우 해싱 함수(33)를 이용하여 플로우 인덱스 값을 생성한다. 이 값은 다음 홉의 인덱스 값에 매핑된다.

<81> 상술한 바와 같은 본 발명의 방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 형태로 기록매체 예를 들어, 씨디롬, 램, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크, 광자기 디스크 등에 저장될 수 있다.

<82> 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변환 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야의 통산의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

#### 【발명의 효과】

<83> 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정 방법 및 이를 이용한 엠펜엘에스 트래픽 엔지니어링 방법에서는 인터넷 망의 경로 배정시에 수반되는 라우터 간의 트래픽 요구량과 설정된 최대 홉 수와 특정 노드/링크 포함/배제 등과 같은 제한조건을 만족시키면서도 다중 경로의 최적 트래픽 분할이 가능하다. 또한, 본 발명을 이용하여 트래픽 엔지니어링을 실행함으로써 인터넷 기간 망의 성능을 최적화시킬 수 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

엠펙엘에스(MPLS; Multi-Protocol Label Switching) 망에서의 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법에 있어서,

MPLS 망 조건과 각 링크에 할당되는 트래픽 요구의 조건을 설정하는 제1 단계;

각 링크에 할당된 트래픽 요구의 할당량 및 각 링크의 최대 사용율(a)의 최소값을 계산하는 제2 단계;

상기 계산된 트래픽 요구의 할당량을 이용하여 상기 최소화된 최대 링크 사용율(a)에서 자원 사용율이 최소가 되는 상기 각 링크에 할당되는 트래픽 비율( $X_{ij}^{kl}$ )을 계산하는 제3 단계; 및

상기 계산된 트래픽 비율을 이용하여 각 트래픽 요구에 대한 다중 경로 및 상기 다중 경로의 트래픽 분할비율을 계산하는 제4 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 2】**

제 1항에 있어서, 상기 제4 단계는,

상기 트래픽의 분할비율에 따라 입력되는 입력 트래픽을 상기 계산된 다중 경로로 분할하는 제5 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 3】**

제 1항에 있어서,

상기 제2 단계의 각 링크의 최대 사용율의 최소값은 정수선형계획법(MIP)에 의한 수학적 모델링을 적용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 4】**

제 1항에 있어서,

상기 제3 단계의 상기 트래픽 비율은 정수선형계획법(MIP)에 의한 수학적 모델링을 적용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 5】**

제 1항에 있어서,

상기 제4 단계의 상기 각 경로의 트래픽 분할비에 따른 트래픽은 최대 허용 수의 제한조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 6】**

제 1항에 있어서,

상기 제4 단계의 상기 각 경로의 트래픽 분할비에 따른 트래픽은 이산적 트래픽 분할비를 적용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 7】**

제 6항에 있어서,

상기 이산적 트래픽 분할비는 0과 1사이의 이산적인 값을 가지는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 8】**

제 1항에 있어서,

특정 노드/링크를 추가로 포함하는 다중 경로 및 상기 각 다중 경로의 트래픽 분할비를 계산하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 9】**

제 1항에 있어서,

특정 노드/링크를 배제하는 다중 경로와 상기 각 경로의 트래픽 분할비를 계산하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 10】**

제 1항에 있어서,

특정 노드/링크를 배제하는 다중 경로와 상기 각 경로의 트래픽 분할비를 계산하는 것을 특징으로 하는 제한조건을 만족하는 다중 경로 배정방법.

**【청구항 11】**

엠펙엘에스(MPLS; Multi-Protocol Label Switching) 망에,

MPLS 망 조건과 각 링크에 할당되는 트래픽 요구의 조건을 설정하는 제1 기능;

각 링크에 할당된 트래픽 요구의 할당량 및 각 링크의 최대 사용율의 최소 값을 계산하는 제2 기능;

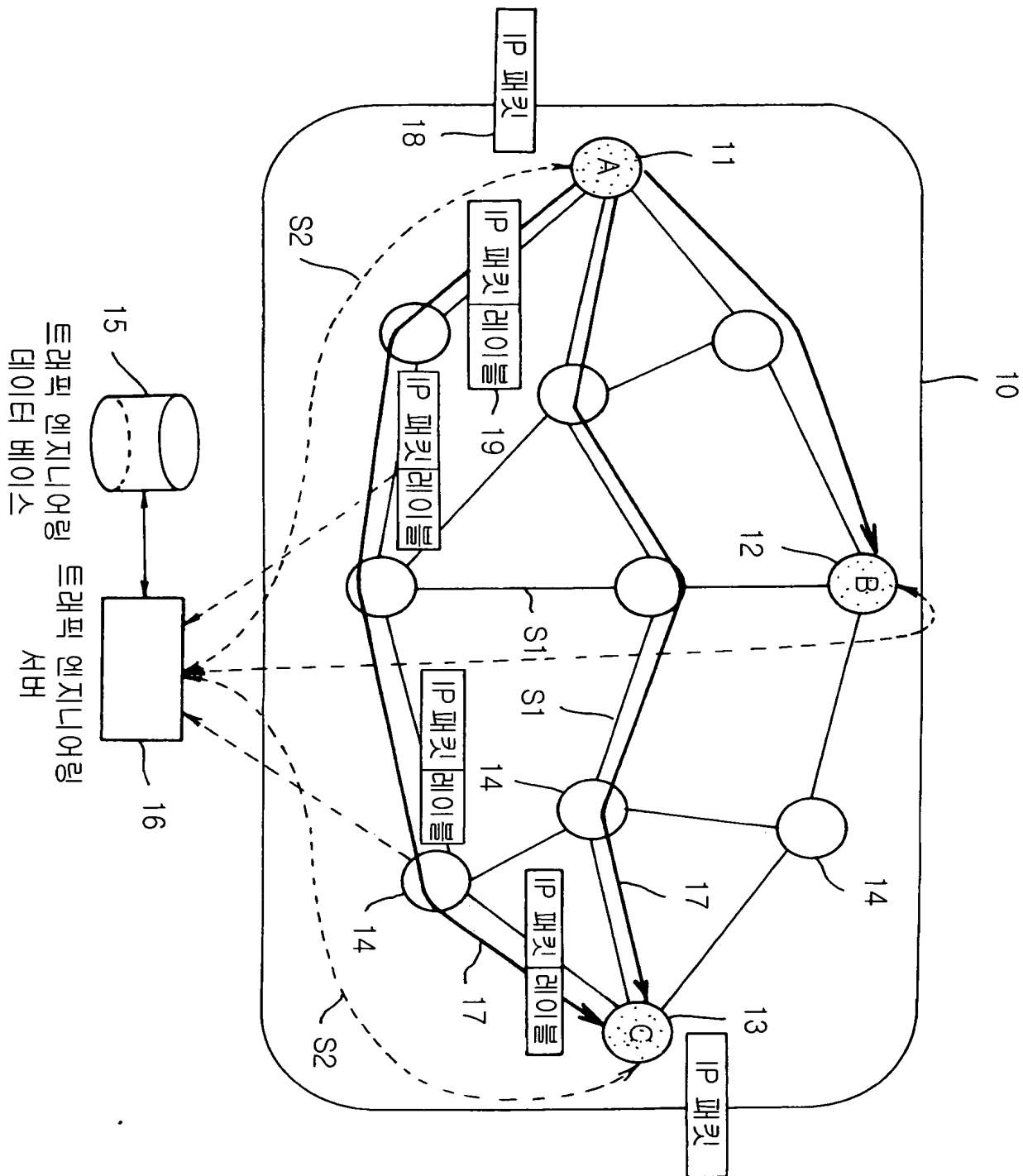
상기 계산된 트래픽 요구의 할당량을 이용하여 상기 최소화된 최대 링크 사용율에서 자원 사용율이 최소가 되는 상기 각 링크에 할당되는 트래픽 비율을 계산하는 제3 기능; 및

상기 계산된 트래픽 비율을 이용하여 각 트래픽 요구에 대한 다중 경로 및 상기 다중 경로의 트래픽 분할비율을 계산하는 제4 기능;

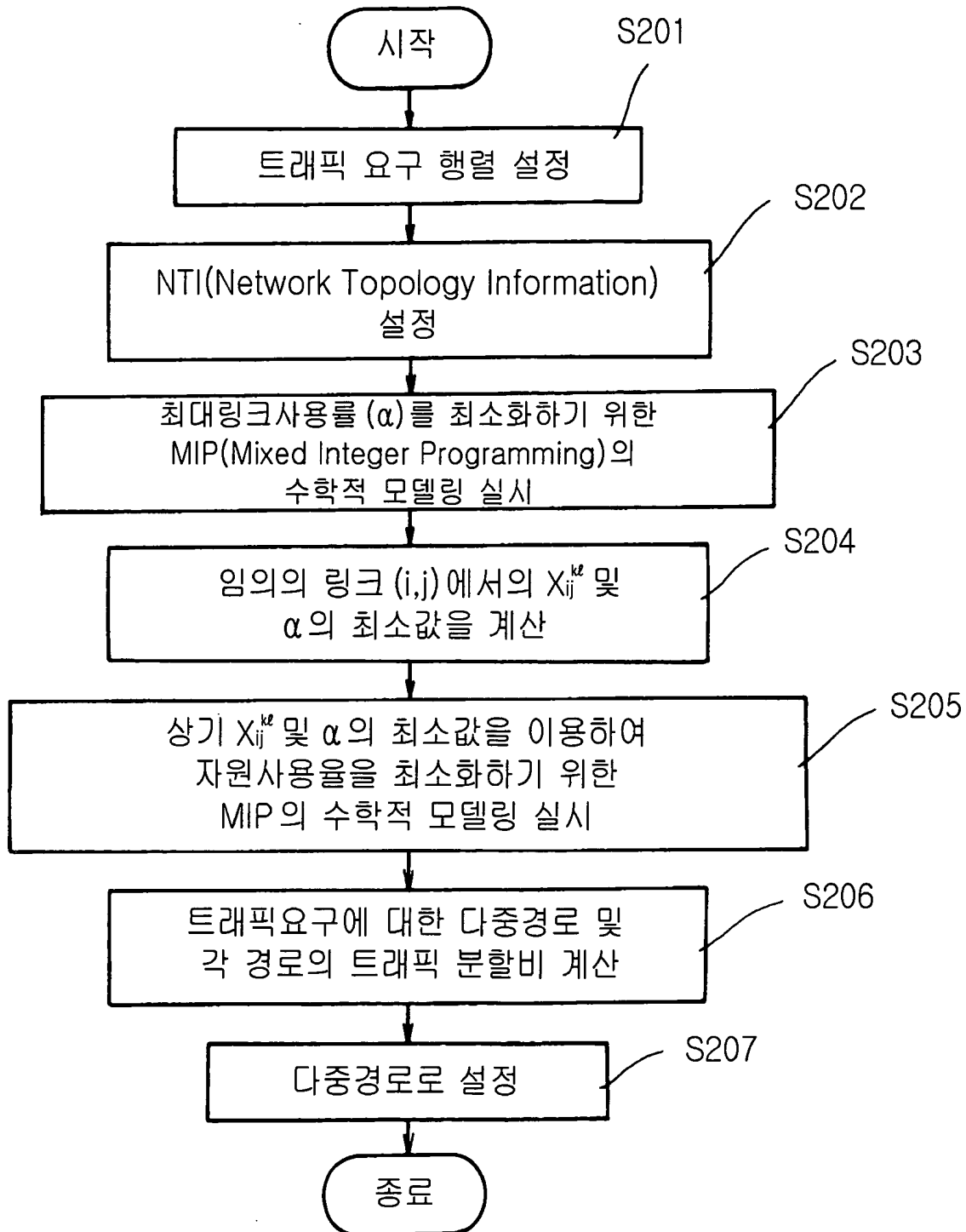
을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

【도면】

【도 1】



【도 2】



【도 3】

